

## ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ТВЕРДОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ TiC + P6M5

*А.В. Барановский<sup>1</sup>, М.Г. Криницын<sup>1,2</sup>*

Научный руководитель: гл. н. с., д. т. н. Г.А. Прибытков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: Nigalisha@gmail.com

Металломатричные композиты «тугоплавкий карбид – металлическая связка» обладают уникальным сочетанием твердости и вязкости, что обеспечивает им широкое применение в качестве объемных материалов и покрытий на деталях, работающих в условиях интенсивного износа. Большой проблемой при напылении композиционных порошков на основе карбида вольфрама является деградация карбида в результате его взаимодействия с расплавом металлической связки, которая образуется при нагреве плазмой в процессе напыления [1]. В этом отношении более перспективным можно считать карбид титана, имеющий более высокую термическую стабильность ( $T_{пл} = 3073\text{ }^{\circ}\text{C}$  по сравнению с  $2785\text{ }^{\circ}\text{C}$  для WC) [2]. Перспективным способом получения металломатричных порошков является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). В настоящей работе приведены результаты исследований плазменных покрытий, напыленных с применением СВС композиционных порошков «TiC+связка из быстрорежущей стали P6M5». Для сравнения также приведены результаты исследования покрытий, напыленных стальным порошком.

Для СВ синтеза композиционного порошка «карбид титана – 50 об% P6M5» использовали полидисперсный порошок титана (<160 мкм), технический углерод (сажу) марки П-803 и стальной порошок ПР-P6M5 (<90 мкм). Пористые СВС спеки дробили и ситовым рассевом выделяли пригодную для напыления фракцию 25–55 мкм. СВС композиционный порошок после дробления спеков имеет преимущественно осколочную форму. На поверхности гранул просматриваются дисперсные карбидные включения в структуре металломатричного композита.

Покрытия напыляли на универсальной установке УПУ-3д с местной защитой от воздуха (с насадкой) при следующих режимах: расход плазмообразующего газа Ar-N<sub>2</sub> 36,5 л/мин, ток дуги плазмотрона 350 А и напряжение 52 В. Порошок подавали в плазмотрон из тарельчатого порошкового питателя при расходе 21 г/мин. Напыление производили на подогретую в печи до 300 °С подложку. Толщина покрытий составляла 0,5 мм.

Покрытия, напыленные стальным и композиционным порошком, имеют типичную слоистую макроструктуру (рис. 1 а,в), сформировавшуюся при соударении напыляемых частиц и раздельном их затвердевании на подложке при скоростях охлаждения до  $10^8\text{ К/с}$ . Между напыленными частицами располагаются поры, содержание которых в покрытии, напыленном стальным порошком, визуально значительно меньше, чем в покрытии, напыленном композиционным порошком. Механизм формирования микроструктуры внутри напыленных частиц в покрытиях различный. Стальные частицы сформировались из полностью расплавленного материала и, видимо, представляли гомогенный расплав. При напылении керметного порошка частицы карбида титана не растворяются в жидкой матричной фазе и сохраняются в покрытии. Полужидкое состояние напыляемых керметных частиц подтверждается характерным поверхностным рельефом покрытия (рис. 1 г).

Согласно данным, приведенным в таблице 1, введение карбида титана кратно увеличивает твердость и износостойкость плазменных покрытий на основе быстрорежущей стали. При увеличении твердости в 2 раза абразивная износостойкость увеличивается более чем в 7 раз. Повышение твердости объясняется присутствием в структуре композита мелкодисперсных частиц карбида титана с рекордной для металлических карбидов твердостью. Высокая дисперсность карбидной фазы в структуре композита предотвращает хрупкое разрушение карбидных частиц, которое наблюдалось [3] при изнашивании покрытий, наплавленных порошковыми смесями с шихтовым карбидом дисперсностью 45–150 мкм.

**Таблица 1.** Твердость и износостойкость покрытий

Напыляемый порошок	Скорость износа, мг/час	Твердость, H <sub>200</sub>
P6M5	268,5±5,4	4287,82 ± 417,48
TiC+50 об% P6M5	35,4	8602,55± 1521,49
Улучшение характеристики	7,6 раз	2,0 раза

Таким образом, применение для плазменного напыления композиционных порошков с мелкодисперсной (около 1 мкм) карбидной фазой, равномерно распределенной в стальной связке обеспечивает кратное увеличение твердости и износостойкости покрытий по сравнению с покрытиями, напыленными стальным порошком.

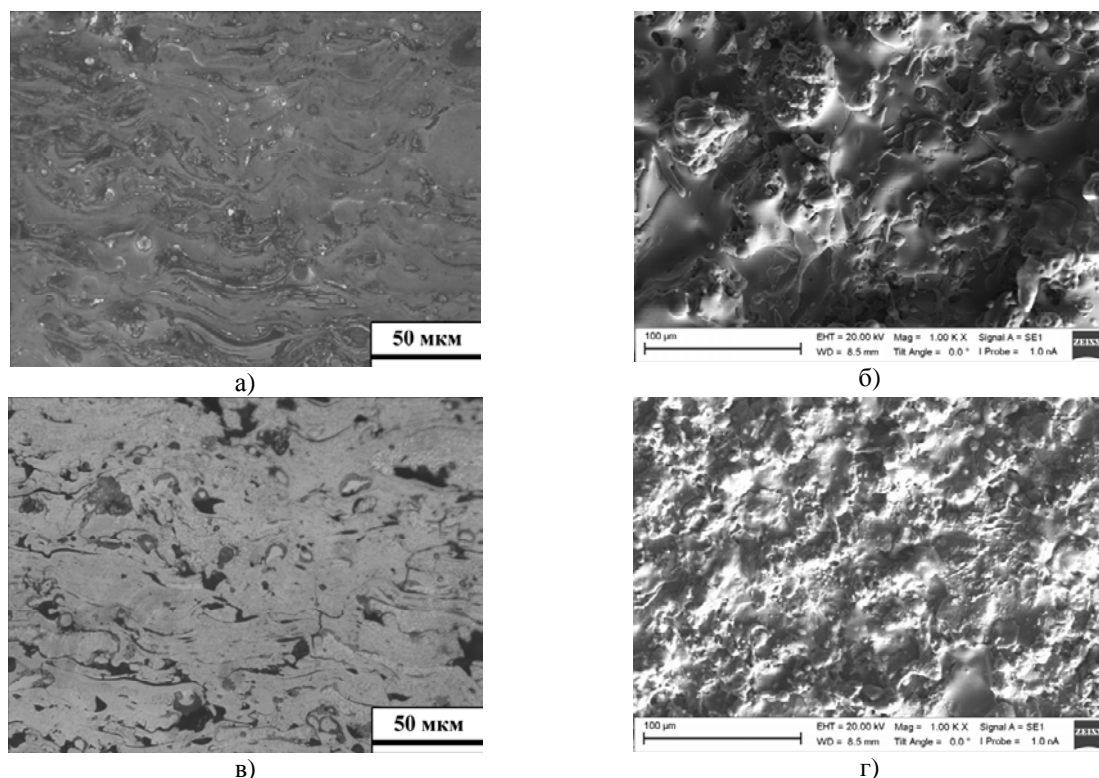


Рис. 1. Микроструктура покрытий, напыленных стальным (а, б) и композиционным (в, г) порошком. (а, в) – поперечное сечение, (б, г) – поверхность покрытий

#### Список литературы

1. Chivavibul P., Watanabe M., Kuroda S. et al. Effects of carbide size and Co content on the microstructure and mechanical properties of HVOF-sprayed WC–Co coatings // *Surface & Coatings Technology*. – 2007. – Vol. 202. – P. 509–552.
2. Solonenko O.P., Chesnokov A.E., Smirnov A.V. Production and plasma spraying of cermet powders TiC–NiCr with given volume content of carbide ultra-fine inclusions // *International Thermal Spraying of the Conference in Barcelona/Spain on May 21–23*. – 2014. – P. 373–378.
3. Janaki Ram G.D., Yang Y., Stucker B.E. Deposition of Ti/TiC coatings on implant structures using laser engineering net shaping // *Proceedings of Int. Solid Freeform Fabrication Symposium*. – Austin, Texas, USA, 2007. – P. 527–539.